

· 科学论坛 ·

## 国际主要科学基金组织的地球资助战略分析

张志强<sup>1,2\*</sup> 郑军卫<sup>2</sup>

(1. 中国科学院成都文献情报中心, 成都 610041; 2. 中国科学院兰州文献情报中心, 兰州 730000)

**[摘要]** 通过对美国国家科学基金会(NSF)、英国自然环境研究理事会(NERC)和德国亥姆霍兹研究中心联合会(Helmholtz Association)等国际上的主要科学基金组织和资助机构过去10年的地球科学资助战略进行系统分析, 总结出国际主要科学基金组织和资助机构的地球科学资助战略特点: (1) 高水平学科发展战略研究成果引领和指导学科资助规划工作; (2) 规范的研究工作组织机制和严谨的质量控制流程保证了高水平研究成果; (3) 学科战略与资助规划的战略性和前瞻性、逻辑性特征明显; (4) 发展战略与资助规划日益强调地球科学研究成果的社会发展与应用等。此外, 还系统概括了国际地球科学的6大发展趋势, 并提出了对我国地球科学资助战略研究的启示与建议。

**[关键词]** 地球科学; 战略研究; 学科规划; 资助战略; 科学基金组织; 资助机构

开展学科发展战略研究与规划, 明确学科发展的战略目标与定位、重点领域与前沿方向, 是促进学科发展的重要措施。通过对美国国家科学基金会(NSF)、英国自然环境研究理事会(NERC)、德国亥姆霍兹研究中心联合会(Helmholtz Gemeinschaft, HGF)、德意志研究联合会(DFG)、法国国家科研署(ANR)、欧洲科学基金会(ESF)、欧盟框架计划(FP)、日本学术振兴会(JSPS)、澳大利亚研究理事会(ARC)、加拿大创新基金会(CFI)、俄罗斯基础研究基金会(RFBR)、巴西国家科技发展委员会(CNPq)、韩国国家研究基金会(NRF)等国际主要科学基金组织和资助机构的系统调研分析<sup>[1]</sup>, 发现国际主要科学基金组织和资助机构都非常重视组织开展地球科学发展战略规划研究和资助战略研究, 用于指导其对相关研究及项目的资助活动。这些基金组织和资助机构的发展战略规划研究, 体现了对学科发展的重点领域的判断、重要科学问题的聚焦、主要发展趋势的前瞻、研究成果应用方向的把握等。本文以美国国家科学基金会(NSF)、英国自然环境研究理事会(NERC)和德国亥姆霍兹研究中心联合会(Helmholtz Association)等科学基金组织和资助机构为典型代表, 简要介绍了其过去10年的地球科学资助战略规划和资助重点领域。在分析国际科学

基金组织和资助机构地球科学资助战略的基础上, 系统归纳了国际科学基金组织和资助机构的地球科学资助战略特点及国际地球科学发展的主要趋势。最后, 提出了对我国地球科学资助战略研究的启示与建议。

### 1 国际主要科学基金组织和资助机构的地球科学资助战略

#### 1.1 美国国家科学基金会(NSF)地球科学资助战略

美国国家科学基金会(NSF)非常重视战略研究与规划工作。过去10年, 先后制定了2006—2011年和2014—2018年2个5年战略规划, 这2个规划分别针对NSF的战略目标和资助重点进行了部署。在此期间, NSF地学学部(GEO)等地球科学资助机构还委托美国国家研究理事会(NRC)成立专门研究委员会开展地球科学发展战略研究, 发布相关战略研究报告来揭示未来地球科学的重大研究问题、研究机遇和研究领域。

NSF 2006年10月发布《投资美国的未来: 2006—2011财年战略规划》<sup>[2]</sup>报告, 以保持美国的国家竞争力为目标, 提出了未来5年的设想和4个关系密切的战略目标(即: 探索、学习、研究设施和管

收稿日期: 2016-03-05; 修回日期: 2016-03-16

\* 通信作者, Email: zhangzq@clas.ac.cn

理),并列出了与其战略目标密切相关的优先研究领域。

NSF 2014年发布《国家科学基金会战略规划2014—2018》<sup>[3]</sup>报告,详述了NSF的战略目标以及为完成目标而采取的战略措施,强调NSF的使命为:促进科学进步,发展国家健康、繁荣和福利,确保国防安全和其他目的。

NSF 2009年发布《地球科学远景——通过地球科学揭示地球的复杂性》<sup>[4]</sup>报告,该报告以日地系统为目标,主要强调那些对地球及其可居住性有着独特而持续危害的最为紧迫的问题,提出了动态的地球、变化的气候、地球与生命、地圈—生物圈联系和水——变化的前景5个重大研究领域。

NRC 2008年发布受NSF、美国能源部(DOE)、美国航空航天局(NASA)、美国地质调查局(USGS)等联合委托完成的《地球的起源与演化——变化行星的研究问题》<sup>[5]</sup>报告,提出了21世纪固体地球科学研究的10个重大科学问题,并将其总结为4大类主题:

(1)“起源”——地球与太阳系其他行星的起源,地球的早期历史,生命起源。

(2)“运行”——地球内部的运行与地表的现状,包括地球的物质特性及其对地球过程的基础作用。

(3)地表环境的“可居住性”——气候与气候变化,地球—生命相互作用。

(4)“地质灾害与地球资源”——地震、火山,以及与地球内、地球上的水和其它流体相关的现代环境问题。

这些问题是地球科学研究中最为关键的问题,将在此后20年或者更长的时间内统领整个地球科学界。

NRC 2010年发布受NSF、美国国家地质调查局(USGS)、美国国家地理学会(NGS)、美国地理学家联合会(AAS)等联合委托完成的《认识变化的行星:地理科学的战略方向》<sup>[6]</sup>报告,该报告按照“怎样理解和响应环境变化”、“如何促进可持续发展”、“如何认识 and 应对经济和社会的快速空间重组”、“如何使技术变化更有利于社会和环境”4大类主题,以科学问题的形式提出了未来10年地理科学研究的11个战略方向。

NRC 2012年发布受NSF委托完成的《地球科学新的研究机遇》<sup>[7]</sup>报告,该报告指出未来十年地球科学领域新的研究机遇,包括从地表到地球内部运

动过程以及海洋与大气科学、生物学、工程学、社会学、行为学等领域的跨学科研究,涵盖:(1)早期地球;(2)热化学内在动力及挥发物分布;(3)断裂及变形过程;(4)气候、地表过程、地质构造和深部地球过程之间的相互作用;(5)生命、环境和气候间的协同演化;(6)耦合水文地貌—生态系统对自然界与人类活动变化的响应;(7)陆地生物地球化学和水循环相互作用等7个研究主题。

NSF的战略规划报告、或者委托NRC完成的地球科学发展战略报告,对地球科学重大研究挑战和分析、发展战略的观察,体现出很强的系统性、逻辑性、全局性、递进性、战略性和指导性,堪称科学基金组织学科战略研究与资助规划的典范报告。

## 1.2 英国自然环境研究理事会(NERC)地球科学资助战略

英国自然环境研究理事会(NERC)在过去10余年先后制定了2002—2007年、2007—2012年和2011—2015年3个多年资助战略规划,分别针对NERC的战略目标和资助重点进行了部署。

NERC 2002年发布的《可持续未来的科学:NERC 2002—2007年战略规划》<sup>[8]</sup>,确定了NERC 2002—2007年围绕科学、知识应用、人才培养、领导作用、组织等5个战略优先领域支持地球的生命支持系统、气候变化和可持续经济研究。

NERC 2007年发布的《行星地球的下一代科学:NERC 2007—2012年战略规划》<sup>[9]</sup>,提出主要致力于响应21世纪面临的重要问题——地球生命的可持续性,将资助世界级的、多学科的研究,以解决环境变化问题,包括气候系统、生物多样性、自然资源等。

NERC 2010年发布的《NERC 2011—2015年战略规划》<sup>[10]</sup>,提出2011—2015年主要围绕英国的竞争优势、英国的政策领导、提高英国的商业绩效、改变英国的公共服务四方面来对环境科学进行非常重要的资助。

## 1.3 德国亥姆霍兹研究中心联合会(Helmholtz Gemeinschaft)地球科学资助战略

德国亥姆霍兹研究中心联合会(Helmholtz Gemeinschaft, HGF)是国际有影响力的大科学研究中心联合会组织。其最近十多年的研究资助主要围绕3个多年的阶段目标来展开。另外,其在2011年发布《亥姆霍兹研究基础设施路线图》战略报告,对其未来10年的基础设施建设计划和成本进行了规划。

HGF 2004—2008 年地球科学资助领域主要涉及：(1) 地球系统(Geosystem)——正在变化的地球；(2) 大气和气候；(3) 海洋、海岸和极地系统；(4) 生物地球系统——动力、适应与调整；(5) 可持续景观利用计划；(6) 可持续发展与技术等方面。

HGF 2009—2013 年地球科学资助领域主要涉及：(1) 地球系统——正在变化的地球；(2) 海洋、海岸和极地系统；(3) 大气和气候；(4) 陆地环境等方面。

HGF 2014—2018 年地球科学资助领域主要涉及：(1) 地球系统——正在变化的地球；(2) 海洋、海岸和极地系统；(3) 海洋；(4) 陆地环境；(5) 大气和气候等方面。

《亥姆霍兹研究基础设施路线图》<sup>[11]</sup> 战略报告为涉及多个领域的综合报告，其中在地球科学与环境研究方向，其着重关注地球监测主题，旨在为保障人类的可持续发展和长期生存提供基础和应用知识，包括为利用陆地资源制定发展战略、研究自然现象和灾害、评估人类对自然系统的影响等。路线图中提出了全球陆地监测和验证系统(GEMiS)、冰实验室(Igloo)、国家云研究中心(AiDA-Grande)等多项地学研究相关基础设施建设计划。

## 2 国际主要科学基金组织和资助机构的地球科学资助战略特点

纵观国际主要科学基金组织的地球科学发展战略研究与规划工作，可以概括出以下显著特点：

### 2.1 高水平学科发展战略研究成果引领和指导学科资助规划工作

主要科学基金组织都非常重视用于指导未来地学研究和项目部署的地球科学学科发展战略研究工作，并给予战略研究成果指导资助规划工作，美国国家科学基金会(NSF)是这方面的典型代表。NSF 一般 5—10 年就系统开展一次学科发展战略研究和资助规划工作，不仅自己组织开展规划工作，还经常委托美国国家研究理事会(NRC)成立专门战略研究委员会开展地球科学发展战略研究，发布能产生重要影响的智库型学科战略研究报告，这些报告常常提出新颖的学术概念和研究理念、形成具有重要科学价值的发展判断。这些战略研究报告，往往可以超前地指导美国有关机构的地球科学研究战略规划和布局，并对国际地球科学研究资助战略形成重要影响。如 1993 年的《固体地球科学与社会》<sup>[12]</sup> 报告提出地球科学研究由以往强调“科学研究功能”向强

调“社会服务功能”转变；2001 年的《地球科学基础研究的机遇》<sup>[13]</sup> 提出了地球关键带、地球生物学、地球和行星物质、大陆调查、地球深部研究、行星科学等指导之后 10 年美国乃至国际地球科学的快速发展的重要研究方向；2008 年的《地球的起源与演化——变化行星的研究问题》<sup>[5]</sup> 报告，以科学的逻辑结构，按照 4 大主题归纳了固体地球科学在 21 世纪面临的 10 大科学问题，这些科学问题将在很长时期内都是国际地球科学界面临的重大科学挑战；2012 年的《地球科学新的研究机遇》<sup>[7]</sup> 报告，则提出了从地表到地球内部运动过程以及海洋与大气科学、生物科学、工程科学、社会科学、行为科学等领域跨学科的研究为特征的未来十年地球科学领域新的研究机遇。这些学科战略研究报告，具有重要的学科发展战略价值和科学研究指导意义，不仅对美国、而且对国际地球科学的发展起到了重要的前瞻性战略指导作用。

需要指出的是，NSF 在学科发展战略研究中，经常与相关政府资助机构联合委托 NRC 开展特定学科的发展战略研究，而不是各个机构各自为战、开展低水平重复的学科战略研究。

### 2.2 规范的研究工作机制和严谨的质量控制流程保证了高水平研究成果

美国等国家的科学基金组织和国际地学资助机构所制定的学科发展战略规划，一般都是依照一定的、规范的研究咨询机制开展的，其战略研究与规划的科学性、可操作性等都很鲜明。以美国国家研究理事会(NRC)为例，它是一个具有重要国际影响的科学研究领域的智库，其承担的大部分研究项目来源于美国联邦政府机构的委托，其战略研究咨询机制在工作组织程序、研究项目任务的确定、研究项目的专家成员遴选、相关信息的收集、研究报告的内外同行评审、研究报告的提交发布等方面，都有一整套规范的工作机制和质量控制流程，保证了其战略研究成果和咨询活动的客观性、独立性和权威性。

上述美国的战略研究报告，不仅仅停留在战略研究层面，由于是受美国科学基金会(NSF)等政府资助机构委托开展的战略研究，因此其战略研究报告经常是作为资助机构的资助领域方向指南，研究成果的学术价值和指导价值突出。这样的战略研究与规划报告，对所在国或国际组织的地球科学研究具有重要的指导意义。战略规划涉及内容的全局性、系统性、整体性、逻辑性、协调性、战略性、可操作

性等特点十分显著,内容广泛全面但精炼简明,除提出地球科学研究问题及方向外,对地球科学研究人才的培养和研究成果的管理与共享也都进行研究并提出咨询建议。如,NSF的资助项目类型除研究项目外,还包括职业发展计划项目、教育项目、基础设施项目以及研究资源项目等内容。

### 2.3 学科战略与资助规划的战略性和前瞻性、逻辑性特征明显

国际主要科学基金组织的地球科学研究战略与规划报告,对地球科学研究问题的体系组织逻辑结构简明清晰,对研究科学问题的分析深刻透彻,对未来研究方向的把握前瞻长远准确。如,NRC的《固体地球科学与社会》<sup>[12]</sup>报告,该报告发布虽然已经有20多年时间,但其提出的鲜明观点和重要认识至今仍然对地球科学的发展具有很强的针对性、现实性和指导性。凸显了NRC战略研究的前瞻性和对未来判断的战略洞察力。美国NRC、NOAA、NSF等的战略报告的发布周期一般是10年左右,也有为期5年的战略规划。对特定学科的发展的战略研究,按照一定的时间周期组织和发布,各个时间周期的战略研究报告,在科学问题剖析、研究内容组织等方面,具有鲜明的时代递进性、深化性、前瞻性的特点。战略计划和战略报告对地球科学研究问题及研究领域分析把握透彻、到位。报告在内容体系组织上的逻辑结构非常清晰,科学问题的组织符合科学逻辑,语言文字精炼、深入浅出、引人入胜,内容展示和印刷图文并茂,即适合科研人员阅读,也能让普通大众易于阅读理解,报告的科学传播价值突出,因此战略报告具有非常大的影响力。

### 2.4 发展战略与资助规划日益强调地球科学研究对社会可持续发展的支撑作用

有关地球科学的战略研究报告,一般不仅仅停留在基础科学研究的层次。往往从经济社会的大战略、大角度着眼学科发展及其对社会可持续发展的支撑作用。如《地球的起源与演化——变化行星的研究问题》<sup>[5]</sup>报告从“起源”、“内部地球”、“宜居星球”、“灾害与资源”等4个主要主题组织地球科学研究的重大科学问题,支撑对地球作为人类目前唯一可居住星球的“宜居性”方面的问题、人类面临的大量“灾害与资源”方面的科学问题的深入研究,以充分突出和强调地球科学研究成果对人类社会可持续生存与可持续发展方面的重要支撑作用。再如,《认识变化的行星——地理科学研究的战略方向》<sup>[6]</sup>报告直接展望和回应未来90~100亿全球人口的人

类社会未来发展的大方向,从怎样理解和响应环境变化、如何促进可持续发展、如何认识和应对经济和社会的快速空间重组、如何使技术变化更有利于社会和环境4个方面,提出了未来10年地理科学研究的战略方向。又如,《固体地球科学与社会》<sup>[12]</sup>报告从强调“科学研究功能”向强调“社会服务功能”转变。此外,地球管理、可持续发展、空间地球研究等、地球关键带也都是NRC地球科学战略研究关注的关键词。

## 3 国际地球科学研究发展的主要趋势

随着地球科学自身的不断发展和完善,人类面临着共同的资源瓶颈、气候变化、环境恶化挑战以及可持续发展问题,促使地学与其他学科之间以及地学各分支学科之间的交叉融合研究越来越普遍。地球科学作为人类社会发展的支柱科学之一,其研究正朝着系统化、整体化、组织化、规模化、技术化、平台化、数字化方向发展。当代地球科学面临的一系列任务,促使地球科学的发展呈现以下发展趋势。

### 3.1 从突出学科导向研究向强调科学问题导向研究转变

现代地球科学根源于一些与地球和生命起源有关的基本问题。如受美国国家科学基金会(NSF)等委托,美国国家研究理事会(NRC)2008年提出地球科学研究的10大科学问题,涉及地球及其他行星和生命的起源、地球内部、宜居星球、灾害与资源共4个重大问题;2012年提出地球科学未来10年新的研究机遇,主要涉早期地球、热化学内在动力及挥发物分布、断裂与变形过程、生命和环境与气候间的协同演化等7个重要主题,这些研究主题也主要是围绕科学问题的解决而设立的。解决人类可持续发展的资源(矿产资源、能源、水)和环境(包括灾害)需求成为当今时代地球科学发展的巨大社会推动力。在当今全球变化日益突出、人类面临生存和发展的深刻危机的情况下,协调人与自然的关系已成为地球科学的中心内容,地球科学为人类社会服务比任何时期都显得更加迫切,社会需求越来越成为地球科学与技术发展的强大驱动力。国际地球科学研究已经逐步从此前侧重单学科的深入发展,逐步转向结合多学科研究,共同来探讨和解决与人类生存和发展相关的地球科学重大科学问题。

### 3.2 从重视地球各圈层功能研究向强调人地和谐发展研究转变

随着人类对地球环境影响的空间和时间范围日

益突出的人类世时代的到来和更加明显,地球科学的主要作用之一在于以地球科学的研究成果和知识服务社会、服务用户,向社会和公众普及和推广地球科学知识,提高公众的资源环境意识,促进对地球的科学管理<sup>[14]</sup>。如美国大气海洋管理局(NOAA)在其《21世纪新的优先领域:NOAA 2003—2008 财年及以后的战略计划》<sup>[15]</sup>中提出,将促进社会和公众对其任务目标和成果的了解,强化社会和公众关于环境和人类对环境的影响的基础知识。国际地质科学联合会(IUGS)主席 Roland Oberhaensli 于 2014 年 10 月出席国际矿业大会期间,正式启动可能重塑国际地学未来的“为后代寻找资源”(Resourcing Future Generations, RFG)计划<sup>[16]</sup>。表明国际地质科学联合会将促使国际地学研究从纯学术研究向资源发现回归,未来将使资源发现与环境研究并重,保障人类可持续发展。RFG 计划将持续约 10 年,在其框架下将发展、协调并资助一系列与为后代提供矿产、能源和水资源相关的新的研究活动。

### 3.3 从行星地球科学研究向星际空间地球科学研究转变

对地外天体以及宇宙空间的探测已成为当前地球科学的重要研究内容。人类除了研究行星地球本身外,最近几年加紧了对月球、火星等地外类地天体的深入探测。美国国家航空航天局(NASA)在 2014 年 3 月发布战略规划确定出 3 项战略目标:扩展空间知识、能力和机会的前沿领域;通过对地球的认识,进一步开发改善地球生活质量的技术;通过对服务于美国公众的人、技术能力和基础设施的有效管理以完成 NASA 使命<sup>[17]</sup>。NASA 于 2015 年 7 月宣布发现太阳系外距离地球 1400 光年宜居带上的“第二个地球”(开普勒-452B),激发了国际上宇宙探测强国间开展星际空间地球科学研究的热潮;9 月宣布已经确认在火星发现液态水存在证据的消息。欧洲航天局(ESA)2014 年 11 月“罗塞塔”太空探测器释放的“菲莱”小型着陆器在彗星成功软着陆,成为人类探测器在彗星的首次成功着陆。在成功实施“探月工程”之后,我国已成为国际上又一个计划开展火星探测的国家。除美国、欧空局已发射探测器对火星实施实际探测外,提出探测火星计划的国家还有俄罗斯、日本、印度等国家。标志着地学研究进一步向星际空间地球科学转变、向拓展人类生存空间转变<sup>[14]</sup>。

### 3.4 从全球变化研究向应对全球可持续性挑战的未来地球(Future Earth)研究转变

自 20 世纪 70 年代以来,由国际科学理事会

(ICSU)与相关国际科学组织等主导先后组织实施了 4 大国际全球环境变化研究计划(GEC)——世界气候研究计划(WCRP)、国际地圈生物圈计划(IGBP)、生物多样性研究计划(DIVERSITAS)和全球环境变化的人类因素计划(IHDP)等,以及相应的一系列核心研究计划。2001 年,IGBP、IHDP、WCRP 和 DIVERSITAS 等四大计划联合成立了地球系统科学联盟(ESSP),又组织实施了全球可持续性联合研究计划——全球碳计划(GCP)全球水系统计划(GWSP)、全球环境变化与食物系统计划(GGE-CAFS)、全球环境变化与人类健康计划(GECHH)。这些计划围绕地球有关圈层及其相互作用开展了大量研究,并建立了跨学科、跨区域、跨机构的全球性合作研究网络,大大增进了国际社会对全球变化特别是气候变化问题的科学认识。

随着对全球变化问题复杂性认识的不断深入,上述研究计划逐步显现出研究对象片段化、研究方法单一化、研究成果内部化、研究成果难以集成、自然科学与社会科学交叉困难、对人类可持续发展重大问题关注不够等明显不足。即使 ESSP,也一直存在着组织体系不健全、工作人员配备不足、缺乏足够号召力、研究工作推动乏力等先天不足,预期目标难以实现,原来存在的集成研究难以组织、社会科学参与不足、人类可持续发展问题关注不够等问题仍然没有解决机制。

为应对全球环境变化给全球各区域、国家和社会带来的严峻挑战,加强自然科学与社会科学的沟通与合作,以及为全球可持续发展提供必要的理论知识、研究手段和方法,在 2012 年 6 月里约召开的联合可持续发展大会(“里约+20 峰会”)上宣布了由国际科学理事会(ICSU)和国际社会科学理事会(ISSC)发起、联合国教科文组织(UNESCO)、联合国环境规划署(UNEP)和国际全球变化研究资助机构(IGFA)等组织共同提出的为期 10 年的大型科学计划——“未来地球计划”(Future Earth)(2014—2023)。“未来地球计划”着眼于运用跨学科观点和研究方法,通过吸引广泛的利益相关方的参与,催生深入认识行星地球系统的科学突破,以及重大环境与发展问题的解决方案<sup>[1]</sup>。

### 3.5 从短临观测、监测和探测向体系化长期性定量“观—监—探测体系”转变

地学研究的技术手段不断升级,新技术手段的不断引入,已经使得地球科学研究对象可以小到纳米级的岩石物质结构,大到直径数万公里的空间天

体。自1964年8月28日人类发射第一颗对地观测卫星 Nimbus 以来,到2013年12月全球已成功发射6771个航天器,其中包含2284颗对地观测卫星。2014年4月,欧太空局哨兵卫星(Sentinel-1)发射标志着地球观测进入了新纪元,实现了对地球的全天候监测,其雷达功能无论多云或雨天、白天或夜晚,都能进行地表成像。技术的进步,已使得地学研究向深部、深海、深空、深时全面拓展。

地球科学研究愈来愈倚重先进的监测和探测技术,而一些军用技术逐步向民用领域的转化也已成为趋势。美国国会指定白宫科学和技术政策办公室(OSTP)在2014年7月发布了《民用地球观测的国家计划》<sup>[18]</sup>,为寻求一种平衡的组合方式来管理民用地球观测提供了战略指导。该计划提出8项支撑行动:(1)协调和整合观测系统;(2)提高数据存储、管理和互操作性;(3)提高效率和节约成本;(4)提升观测密度和采样技术;(5)维护并支持基础设施建设;(6)探索商业解决方案;(7)维持并加强国际合作;(8)开展利益相关者为导向的创新。

### 3.6 从描述性经验型和观测实验型科学,向大数据科学发现全面转变

大数据时代的到来及其影响迅速引起了科学研究领域的重视,目前其已全面催生科学研究领域科研模式的重大变革。继实验科学、理论科学、计算科学之后,出现了以数据为中心思考、设计和实施科研活动,通过对海量数据的处理和分析来获得科学发现的第四范式——“数据密集型科学发现”<sup>[19]</sup>。大数据已成为大科学发展的新型战略资源,是驱动知识与技术创新的重要因素。2012年3月,美国政府启动“大数据研发计划”。在该计划框架下,NSF在地球科学领域启动“地球立方体”计划(Earth-Cube)<sup>[20]</sup>,旨在支持以研究共同体为中心的计算机基础设施的开发,实现对整个地球科学领域的不同来源、不同获取方式、不同结构及不同格式的离散数据的全面整合。与此相呼应,USGS也先后出台了多项与地学大数据研究相关的部署。地学研究向大数据科学的转型,必将进一步促进地球科学的知识发现与创新应用。

## 4 对我国地球科学战略研究的启示与建议

综观国际科学基金组织和资助机构的地球科学战略研究与发展规划,其对我国地球科学战略研究具有重要的启示和借鉴意义。

### (1) 要形成开展学科战略研究与规划的规范化

**工作组织机制。**在学科发展战略研究中,应当形成一套规范的战略研究与咨询的工作组织机制,要避免有关科学家既重视和参加战略研究、又蜻蜓点水不能将全部精力投入战略研究的现象。我国的学科战略研究成果往往缺乏战略性、前瞻性、学术指导性、可操作性等,问题主要出在:战略研究工作的组织没有章程可循;战略研究人员的组织比较随意,缺乏对其战略研究能力和利益冲突等的系统考虑;研究过程缺乏质量控制规范和流程化管理,对科学问题及其研究进展分析不透彻;参加的科学家都是兼职从事搞战略研究,投入的时间精力十分有限,甚至有些是委托研究生写研究报告。随着国家高度重视智库建设,要形成高水平的战略研究成果,就必须要在战略研究的工作组织机制和质量标准规范等方面有所突破。

**(2) 要强化学科发展战略研究的战略性、前瞻性和逻辑性。**国际主要科学基金组织和资助机构的战略研究成果,最鲜明的特征就是战略性、前瞻性和逻辑性强,学科战略研究成果的学术指导作用和引领作用突出。相比较而言,我国的学科战略研究报告往往战略前瞻性和认识高度不够,规划思想缺乏新颖性、全局性、系统性和引领性,发展战略与规划的重点不突出,大多是参与研究的专家围绕各自关注学科领域的研究重点问题与方向建议的拼盘,导致规划的整体发展战略不清、逻辑性不强、科学问题模糊、所有学科领域面面俱到、大家皆大欢喜(个个领域方向都有份)的局面,结果是有战略规划与没有战略规划的情况基本没有多大区别,战略研究报告一般完成即束之高阁,基本上不会用于指导工作实际。战略研究与规划报告未能起到应有的作用,在学科发展史上基本留不下什么印记。

**(3) 要基于我国发展的重大需求,聚焦地球科学研究的重大问题和方向。**地球科学是一门基础性和应用性相结合、全球性和区域性特征突出的科学研究领域。我国自然地域辽阔,地球科学研究的区域性特征十分鲜明。发展我国的地球科学,既要关注国际地球科学的重大科学问题和发展方向,在地球科学重大科学挑战问题和前沿领域的研究中,形成中国地球科学研究的独特贡献;更要结合我国的具体地域特点、国家经济社会发展面临的现实重大需求等,提出我国地球科学的重大科学问题,指导地球科学的创新性研究。比如,美国NRC在紧密结合国际趋势和美国特点的基础上,于2008年提出了21世纪固体地球科学的10大科学问题、于2010年

提出了未来10年地理科学研究的11个战略方向,很好地指导和引领了美国乃至世界的地球科学研究。特殊的地域环境和发展现状,使得我国在地球科学领域所面临的挑战比美国更加突出,因此我国应聚焦国际地球科学发展趋势以及美国、英国等地球科学强国的发展战略规划,紧密结合我国重大需求提出系统性、体系化地球科学发展战略和科学问题,指导未来较长时期的地球科学发展布局和研究资助工作。如果不能准确把握长远的战略性科学问题,不能指导开展长期的系统性科学研究,长期步人后尘、亦步亦趋,我们就难以有重大的科学突破和科学贡献。

**(4) 要迎接大数据科学时代科学新范式的挑战,强化研究基础设施建设与发展支撑。**地球科学研究是一个长期的数据积累性科学,日益依赖新的实验、观测和分析技术以及大型研究平台和设施的支撑,必须加强空间(空间基地、月球基地等)对地观测、地面(地基)观测监测、海洋观测与深海探测、地球深部探测、模拟与实验等科学基础设施平台和系统的建设更新和升级维护。要针对地球系统演化过程和有关地球重大事件不可逆的特点,以及地球过程研究必须基于长时间序列数据积累的现实,必须长期建设和维护更新关键的地球科学研究基础设施。同时,要更加重视地球科学大数据基础设施建设以及长序列数据集的建设和保存,支持开展基于地球科学大数据的知识分析和知识发现研究。地球演化的关键地质参数的长时间序列大数据集的建设与开放使用,是开展地球演化研究的重要基础投入,我国在这方面乏善可陈,开展重要的长时间序列问题的研究工作的数据都需要引进,比如,美国橡树岭国家实验室CO<sub>2</sub>信息分析中心(CDAIC)收集了全球100多个国家1751年以来CO<sub>2</sub>的排放数据、1860年以来的CH<sub>4</sub>的排放数据,在全球温室气体减排评估研究中,相关研究都只能引进应用这些数据<sup>[21]</sup>。我们谁能想到去建如此长时间序列的科学数据?而急功近利的浮躁风气、科研机构管理方面不尊重科学规律的不断折腾,导致不会有机构真正投入人力物力去做这类吃力不讨好的工作。随着数据驱动型大科学研究新范式的兴起,基于大科学数据的科学研究和科学发现日益成为科学研究的新常态,只有发展学科信息学,才能促进基于科学大数据的学科领域知识创新和知识发现<sup>[22]</sup>。

**致谢** 本文工作得到国家自然科学基金(项目批准

号:41450008)资助。

## 参 考 文 献

- [1] 张志强,郑军卫,王雪梅,等编著. 地球科学资助战略与发展态势. 北京:科学出版社,2015.
- [2] 张志强,李延梅. 美国国家科学基金会2006—2011年战略规划. 见:中国科学院. 科学发展报告2007. 北京:科学出版社,2007:221—228.
- [3] NSF. National Science Foundation Strategic Plan for 2014 - 2018. 2014. <http://www.nsf.gov/pubs/2014/nsf14043/nsf14043.pdf> [2014-03-13].
- [4] 安培浚,张志强. 美国科学基金会地球科学远景报告介绍. 地球科学进展,2010,25(3):327—334.
- [5] NRC. 地球的起源和演化:变化行星的研究问题. 张志强,郑军卫,王天送译. 北京:科学出版社,2010.
- [6] NRC. Understanding the Changing Planet: Strategic Directions for the Geographical Sciences. 2010. [https://www.nap.edu/login.php?record\\_id=12860](https://www.nap.edu/login.php?record_id=12860) [2010-12-16].
- [7] NRC. 地球科学新的研究机遇. 张志强,郑军卫,等译校. 北京:科学出版社,2014.
- [8] NERC. Science for a Sustainable Future 2002—2007. 2002. <http://www.nerc.ac.uk/publications/strategicplan/documents/stratplan02.pdf> [2002-12-20].
- [9] 李延梅,张志强. 英国自然环境研究委员会(NERC)2007—2012年战略规划解读. 世界科技研究与发展,2008,(5):662—666.
- [10] NERC. Delivery plan 2011—2015. 2010. <http://www.nerc.ac.uk/about/perform/reporting/reports/delivery-plan2011-2015/> [2011-01-13].
- [11] Helmholtz-Gemeinschaft. Helmholtz-Roadmap for Research Infrastructures. 2011. [http://www.helmholtz.de/no\\_cache/mediathek/publikationen/pr/helmholtz-roadmap-fuer-forschungsinfrastrukturen-2011/](http://www.helmholtz.de/no_cache/mediathek/publikationen/pr/helmholtz-roadmap-fuer-forschungsinfrastrukturen-2011/) [2014-10-12].
- [12] NRC. Solid-Earth Sciences and Society. 1993. <http://www.nap.edu/catalog/1990/solid-earth-sciences-and-society> [2014-08-10].
- [13] NRC. Basic Research Opportunities in Earth science. 2001. [http://www.nap.edu/openbook.php?record\\_id=9981](http://www.nap.edu/openbook.php?record_id=9981) [2010-10-12].
- [14] 张志强,郑军卫,赵纪东,等. 地球科学领域发展观察. 见:中国科学院. 科学发展报告2015. 北京:科学出版社,2015:248—258.
- [15] NOAA. New priorities for the 21st century: NOAA's strategic plan for FY2003-FY2008 and beyond. 2003.
- [16] IUGS. Resourcing Future Generations: A Global Effort to Meet the World's Future Needs Head-On. 2014. <http://news.sciencenet.cn/htmlnews/2014/11/306882.shtm> [2014-12-10].
- [17] NASA. NASA Strategic Plan 2014. [http://www.nasa.gov/sites/default/files/files/FY2014\\_NASA\\_SP\\_508c.pdf](http://www.nasa.gov/sites/default/files/files/FY2014_NASA_SP_508c.pdf)
- [18] OSTP. National plan for civil earth observations. [http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/NSTC/2014\\_national\\_plan\\_for\\_civil\\_earth\\_observations.pdf](http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/NSTC/2014_national_plan_for_civil_earth_observations.pdf) [2014-12-20].
- [19] Hey T, Tansley S, Tolle K. The fourth paradigm: data-intensive scientific discovery. Redmond, Washington: Microsoft Research, 2009.
- [20] NSF. EarthCube: NSF funds \$14.5 million in grants to improve geosciences cyberinfrastructure. 2012. [http://www.nsf.gov/news/news\\_summ.jsp?cntn\\_id=129413&org=GEO&from=news](http://www.nsf.gov/news/news_summ.jsp?cntn_id=129413&org=GEO&from=news) [2012-04-21]

[21] 曲建升,曾静静,张志强. 国际主要温室气体排放数据集比较分析研究. 地球科学进展,2008,23(1):47—54.

[22] 张志强,范少萍. 论学科信息学的兴起与发展. 情报学报,2015,34(10):1011—1023.

## Analysis of the international science foundation financing strategy for earth science

Zhang Zhiqiang<sup>1,2</sup> Zheng Junwei<sup>2</sup>

(1. Chengdu Library and Information Center, Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610041;

2. Lanzhou Library and Information Center, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000)

**Abstract** Based on the systematic analysis of funding strategies of the National Science Foundation, the UK Natural Environment Research Council, the Helmholtz Association of German Research Centers and other international leading science foundations for earth science past 10 years, we summarize the features of the foundations' science funding strategies: high level of discipline development strategy research results lead and guide the discipline funding planning; specification of the research work organization mechanism and strict quality control process to ensure the high level research; the prospective, insight and logic characteristics of subject strategy research and planning is significantly; development strategy and funding plan increasing emphasis on social development application of achievements in scientific research in earth science. We also summarize six development trends in earth science, and put forward enlightenments and suggestions on funding strategy for China's Earth Science.

**Key words** earth science; development strategies; funding strategy; science foundations.

· 资料信息 ·

## 我国科学家在三维石墨烯泡沫领域取得新进展

在国家自然科学基金重点项目(批准号:51531004)等资助下,天津大学赵乃勤教授团队与美国 Rice 大学 J. Tour 教授团队合作,通过全新的粉末冶金模板法成功获得了三维石墨烯泡沫材料。该种材料不仅具有良好的性能,同时还具有良好的自支撑能力和结构稳定性。相关研究成果以“Preparation of Three-Dimensional Graphene Foams Using Powder Metallurgy Templates”为题发表于 *ACS Nano* (<http://pubs.acs.org/doi/10.1021/acsnano.5b06857>)。

石墨烯材料在锂离子电池、超级电容器、催化等诸多领域都可能获得广泛应用,引起人们极大的兴趣。具有自支撑、结构稳定性高、比表面积大等优点的三维石墨烯材料是其中一个重要的发展方向。制备三维石墨烯的传统方法包括化学气相沉积原位生长法、固体碳源生长法、水热自组合法等,所制备的三维石墨烯材料或多或少会出现结构稳定性差、难以自支撑、晶化程度低等缺点。

赵乃勤团队与 J. Tour 团队合作,将金属粉末

与蔗糖均匀分散到去离子水中,使蔗糖均匀包覆在金属粉末颗粒表面,然后用传统粉末冶金冷压法压制成型,复合块体在氩气/氢气混合气氛保护下高温煅烧,即可一步获得原位生长的三维石墨烯泡沫材料。该方法中,蔗糖为固体碳源,石墨烯在烧结的金属颗粒骨架的表面/界面处原位生长,最终获得的材料由颗粒状碳壳与二维石墨烯构成。该材料具有较高的比表面积( $1\ 080\ \text{m}^2\ \text{g}^{-1}$ )、导电性( $13.8\ \text{S}\ \text{cm}^{-1}$ )和晶化程度,并且具有良好的结构稳定性。该三维石墨烯泡沫在水流作用下不发生破裂,并可承受超过 150 倍自身重量的载荷,卸载后可以实现回弹。通过改变金属粉末成分、添加剂成分,设计不同结构的模具,可以用于制备不同种类和形状的三维碳纳米材料。该方法也为开发制备新型碳纳米材料、三维结构增强体复合材料提供了新方法和新思路。

(供稿:郑雁军)